



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University



Uwe Kloos, Natividad Martínez, Gabriela Tullius (Hrsg.)

Informatics Inside Digital Future

Informatik-Konferenz an der Hochschule Reutlingen
10. Mai 2017

ISBN 978-3-00-056455-0



Impressum

Anschrift:

Hochschule Reutlingen / Reutlingen University
Fakultät Informatik
Human-Centered Computing
Alteburgstraße 150
D-72762 Reutlingen

Telefon: +49 7121 / 271-4002

Telefax: +49 7121 / 271-4042

E-Mail: infoinside@reutlingen-university.de

Internet: <http://www.infoinside.reutlingen-university.de>

Organisationskomitee:

Prof. Dr. Gabriela Tullius, Hochschule Reutlingen

Prof. Dr. Natividad Martínez, Hochschule Reutlingen

Prof. Dr. Uwe Kloos, Hochschule Reutlingen

Lukas Brand

Heiko Brumme

Tobias Fleischer

Gamze Gök

Isabel Hagen

Denise Junger

Mücahit Karabulut

Dina Kurbanismailova

Arjana Mehmeti

Armin Müller

Iana Preuß

Marc Roswag

Anastasia Schmieder

David Schneider

Oliver Streicher

Benjamin Weinert



Hochschule Reutlingen
Reutlingen University

Copyright: © Hochschule Reutlingen, Reutlingen 2017

Herstellung und Verlag: Hochschule Reutlingen

ISBN 978-3-00-056455-0

Inhaltsverzeichnis

Longpaper

Vanessa Zurawka

Analyse von 3D-Controllern zur Steuerung der Echtzeit-MRT 07

Denise Junger

*Analyse von Reifegradmodellen zur Unterstützung der Digitalisierung
von Krankenhäusern* 17

Anastasia Schmieder

Wearable für Pferde – Standortbestimmung und Konzeption einer Umfrage 27

Tobias Fleischer

Evaluierung von Open Source Frameworks zur Detektion von Facial Feature Points..... 37

Iana Preuß

IT – Sicherheit beim Autonomen Fahren 47

Tobias Fluck

Kann Perception Neuron Bewegungen in Hochgeschwindigkeit erfassen? 56

Gamze Gök

Inwiefern werden IT-Risiken durch ein Risikomanagement reduziert? 66

David Schneider

Zukunft des neuen elektronischen Personalausweises..... 76

Marc Roswag

Sicherheitsinfrastruktur in einem VANET – Architektur und Schwachstellen 86

Mücahit Karabulut

IT-Sicherheit in der Industrie 4.0..... 96

Oliver Streicher

Sicherheitsbetrachtung des Internet of Things am Beispiel Smart Home..... 106

Analyse von Reifegradmodellen zur Unterstützung der Digitalisierung von Krankenhäusern

Denise Junger
Reutlingen University
Denise.Junger@Student.
Reutlingen-University.DE

Abstract

In der Medizin existieren verschiedene Reifegradmodelle, die die Digitalisierung von Krankenhäusern unterstützen können. Die Anforderungen an ein Reifegradmodell für diesen Zweck umfassen Aspekte aus allgemeinen und spezifischen Bereichen des Krankenhauses. Die Analyse der Reifegradmodelle HIN, CCMM, EMRAM und O-EMRAM zeigt große Lücken im Bereich des OP sowie fehlende Aspekte in der Notaufnahme auf. Ein umfassendes Reifegradmodell wurde nicht gefunden. Durch eine Kombination aus HIN und CCMM könnten fast alle Bereiche ausreichend abgedeckt werden. Zusätzliche Ergänzungen durch spezialisierte Reifegradmodelle oder sogar die Entwicklung eines umfassenden Reifegradmodells wären sinnvoll.

Schlüsselwörter

Reifegradmodell, Digitalisierung, Klinische Aspekte, IT-Fähigkeiten, Krankenhaus

CR-Kategorien

I.6.4 [Model Validation and Analysis]

Betreuer Hochschule: Prof. Dr.-Ing. Oliver Burgert
Hochschule Reutlingen
Oliver.Burgert@Reutlingen-
University.de

Informatics Inside 2017
Wissenschaftliche Vertiefungskonferenz
10. Mai 2017, Hochschule Reutlingen
Copyright 2017 Denise Junger

1 Einleitung

Reifegradmodelle bewerten die Reife von Organisationen, indem verschiedene Aspekte wie beispielsweise spezifische Prozesse oder Technologien untersucht werden [3]. Auch im medizinischen Bereich haben sich Reifegradmodelle entwickelt, die Teilaspekte einer Klinik beschreiben [4], mit dem Ziel, die Digitalisierung von Krankenhäusern in unterschiedlichen Bereichen zu unterstützen.

Die Digitalisierung betrifft hierbei Informationen, Geräte und andere Objekte [13] und beschreibt im klinischen Kontext ein papierloses Krankenhaus [1]. Bisher ist nicht bekannt, welche Reifegradmodelle eine umfassende Bewertung der Fähigkeiten einer gesamten Krankenhaus-IT ermöglichen, um dadurch die Digitalisierung von Krankenhäusern zu unterstützen.

Ziel dieser Arbeit ist die Identifizierung und Analyse verschiedener Reifegradmodelle im medizinischen Bereich. Zuerst werden Digitalisierungsaspekte für Kliniken definiert. Eine Auswahl an Reifegradmodellen wird auf diese Anforderungen verglichen, um die Abdeckung und den Fokus sowie Überschneidungen und Lücken der Modelle zu identifizieren. Als Ergebnis wird die Identifizierung eines umfassenden Reifegradmodells für alle Krankenhausbereiche erhofft, welches zur Unterstützung der Digitalisierung genutzt werden kann.

2 Stand der Technik

Im Folgenden werden Reifegradmodelle und ähnliche Arbeiten vorgestellt.

2.1 Reifegradmodelle

Ein Reifegradmodell beschreibt ein Werkzeug zur Entwicklung und Verbesserung von Fähigkeiten, Prozessen, Technologien, Strukturen oder Rahmenbedingungen innerhalb von Organisationen. Dabei kommen Reifegradstufen zum Einsatz, über die der aktuelle Stand der Organisation eingestuft wird. [3]

Im nichtmedizinischen Bereich existieren bekannte Reifegradmodelle wie das Capability Maturity Model (CMM) [10] oder das Capability Maturity Model Integration (CMMI) [26]. CMM und CMMI werden oft als Basis zur Entwicklung von Reifegradmodellen im Gesundheitsbereich verwendet [4].

CMM setzt seinen Fokus auf die Verbesserung von Softwareengineeringprozessen, die in Stufen durchgeführt wird. CMM besteht aus den fünf Reifegraden Initial, Wiederholbar (wiederholen von bereits erledigten Aufgaben), Definiert (charakterisieren und verstehen von Prozessen), Geleitet (gemessener und gelenkter Prozess) und Optimierend (Prozessverbesserung). [10]

CMMI wiederum setzt seinen Fokus auf die Prozessverbesserung von Organisationen im Zusammenhang mit der Entwicklung und Wartung. Es existieren hierbei Ausprägungen für Systemengineering, Einkauf und Serviceentwicklung. CMMI ist ähnlich aufgebaut und besteht aus fünf Reifegraden: Initial, Geführt (grundlegendes Projektmanagement), Definiert (Prozessstandardisierung), Quantitativ geführt (quantitatives Management) und Optimierend (kontinuierliche Prozessverbesserung). [26]

Im medizinischen Bereich existieren Reifegradmodelle, die unterschiedliche Aspekte beschreiben. Diese können in Bezug auf die Digitalisierung im Krankenhaus bedeutend sein, wenn sie beispielsweise die Reife von

Informationssystemen betrachten oder Prozesse elektronisch unterstützen. Eine Auswahl an Reifegradmodellen im medizinischen Kontext wird unter 3.2 vorgestellt.

2.2 Verwandte Arbeiten

Eine umfangreiche Vorstellung von verschiedenen Reifegradmodellen für die Medizin stellt [4] dar, dessen Fokus auf Reifegradmodellen für das Management von Informationssystemen liegt. Dabei wurden Modelle vorgestellt, die in einem bestimmten Bereich oder der gesamten Organisation angewandt werden können. Die Analyse der Modelle ergab, dass kein Reifegradmodell alle Areale und Subsysteme abdeckt. Somit fehlt es an einem Modell mit ganzheitlichem Ansatz und umfassendem Satz an Einflussfaktoren. Speziell auf die Digitalisierung von Krankenhäusern wurde hierbei nicht eingegangen. [4]

Eine weitere Reifegradmodellanalyse im medizinischen Bereich wurde in [20] durchgeführt. Hierbei wurden verschiedene Modelle vorgestellt und miteinander verglichen. Das Ergebnis der Analyse zeigt, dass kein perfektes Modell existiert, das alle Aspekte von Patienteninformationssystemen behandelt. Auch diese Arbeit scheint seinen Fokus nicht auf Krankenhäuser und deren Digitalisierung zu legen, sondern betrachtet Modelle für das Management von Patienteninformationen. [20]

3 Materialien und Methoden

Im Folgenden werden die Aspekte der Analyse sowie die Modellauswahl und das Analyseverfahren näher erläutert.

3.1 Anforderungen

Für den Vergleich der Reifegradmodelle wurde ein Anforderungskatalog mit digitalisierungsrelevanten Aspekten erstellt.

Die Digitalisierung im Krankenhaus betrifft viele Bereiche [9]. Der Katalog enthält Anforderungen an die Beurteilungskriterien der Modelle bezüglich der gesamten Kran-

kenhaus-IT [12] sowie der Teilbereiche eines Krankenhauses. Insgesamt wurden 13 Unterbereiche definiert, die über 200 Kriterien beinhalten. Zudem sind allgemeine Anforderungen an die Modelle im Anforderungskatalog enthalten, die weitere 20 Aspekte umfassen. Im Folgenden werden diese Bereiche und Aspekte zusammengefasst wiedergegeben.

Die technische Infrastruktur und das IT-Management sind von großer Bedeutung für die Digitalisierung [13]. Allgemein ist es hier wichtig, Aspekte zu berücksichtigen, die Informations- und Kommunikationstechnik [12] wie auch das gesamte Netzwerk (Einrichtung, Pflege, Aufbau, Betrieb) [24] betreffen. Des Weiteren spielt der Bereich der gesamten Vernetzung [1, 9] inklusive Kommunikation [9, 13] eine Rolle. In diesem Zusammenhang sollten Aspekte, die die Vernetzung mit externen Einrichtungen, aller Beteiligten sowie der Medizintechnik beinhalten, betrachtet werden [9]. Die Patienten- wie auch intersektorale und mobile Kommunikation sollten ebenfalls beinhaltet sein [13].

Ein weiterer wichtiger Bereich ist das Management (Organisation) [13]. Hierbei gibt es verschiedene bedeutende Aspekte wie Belegungs-, Aufgaben-, Wissens- und Ressourcenmanagement sowie Kapazitätssteuerung [13]. Die gesamte Krankenhauslogistik ist hierbei wichtig [12, 13]. Außerdem ist IT-Sicherheitsmanagement von großer Wichtigkeit [27]. Die Modelle sollten ebenfalls medizinische, organisatorische, interne und externe Prozesse wie auch deren Synchronisation betrachten [12]. Des Weiteren sollten technische Prozesse berücksichtigt werden [7].

Zudem sollten wichtige spezifische klinische Bereiche detailliert enthalten sein. Deshalb sollte das Reifegradmodell ebenfalls Behandlungspfade und Workflowmanagement (Pflege, Untersuchung) [13] mit dem gesamten Workflow des Patienten von der Aufnahme bis zur Entlassung [7] abdecken. Dabei spielt die gesamte Gesundheits-

versorgung eine große Rolle [1, 9]. Dazu gehört der Überblick über Aufgaben und den Workflow [8] sowie die gesamte Koordination [24]. Hinzu kommen Aspekte wie die Dokumentation [29], analytische Fähigkeiten [1] sowie die Integration von Technik ins Behandlungsnetz [1].

Vor allem sind für die Digitalisierung auch medizinische Informationssysteme und digitale Assistenzsysteme sowie deren Funktionalitäten wichtig [12]. Deshalb sollten ebenfalls Krankenhausinformationssysteme (KIS/HIS) [27] sowie weitere Systeme wie PACS [21] enthalten sein. Für diese Systeme sollten zudem allgemeine Aspekte wie Standardisierung und Datensicherheit [1], Vergleichbarkeit [8] wie auch Revision und Datenzugriff [7] betrachtet werden. In diesem Bereich spielt ebenfalls die elektronische Patientenakte (EPA, engl. Electronic Medical Record EMR) [13, 25] und personenrelevante Daten wie auch deren Verfügbarkeit [7] eine wesentliche Rolle. Zudem sollten erweiternde EPA-Funktionalitäten wie beispielsweise eine Entscheidungsunterstützung [25] enthalten sein.

Weitere Bereiche wie Berichtswesen und Pflege-, Medizin- sowie Finanzcontrolling mit Arztbrief [13], Dokumentation und Klassifikation [11] sollten näher betrachtet werden. Der Bereich Telemedizin mit Aspekten zum Thema Gesundheitsapps und personalisierte Medizin [1] sollte ebenfalls enthalten sein. Zudem sollte der Bereich Radiologie (Diagnostik) [9, 21] mit der Betrachtung des radiologischen Informationssystems [21] und des Laborinformationssystems [14] zur Digitalisierung von Laborwerten [7] abgedeckt werden. Aspekte des Bereichs Notaufnahme [27] sowie der ambulante [18, 19] und stationäre Bereich [1] sollten in der Untersuchung enthalten sein. Des Weiteren spielt auch für den Operationssaal (OP) Digitalisierung eine große Rolle [11, 27]. Hierbei ist das Ziel intelligente Einweisung, Patientenerkennung und Personalerfassung [11]. Auch hier ist Kommunikation und Koordination [8] wie auch

die Unterstützung durch prä-, intra- und postoperative Aspekte [27] wichtig.

Zudem sollten für den Vergleich reifegradmodellspezifische Aspekte hinzugezogen werden. Die Analyse sollte sowohl die Reifegradstufen, als auch die Berechnung der Reife beinhalten [15]. Des Weiteren sollte überprüft werden, ob eine Roadmap zur Verbesserung angeboten wird [4]. Sehr wichtig ist zudem, welchen Fokus das Modell hat [5] und ob das Modell prozessorientiert (z.B. Pflegeverfahren) [3], objektorientiert (z.B. Auswertung von Informationssystemen) [3] oder ressourcenorientiert (z.B. technische Ressourcen) [15] ist. Hierbei ist ebenfalls die Art des Modells (Prozess, IT oder Organisation) interessant. Außerdem sollte bewertet werden, ob das System speziell für ein Subsystem oder für die ganze Krankenhaus-IT anwendbar ist [4].

3.2 Auswahl der Modelle

Insgesamt sollte die Analyse Reifegradmodelle enthalten, die unterschiedliche Bereiche des Krankenhauses abdecken und genügend Informationen für die Analyse bereitstellen. Zudem wurde darauf geachtet, dass die Modelle für die Unterstützung der Digitalisierung sinnvoll sind.

Das erste Modell sollte seinen Fokus auf Infrastruktur und Vernetzung legen und verschiedene Bereiche des Krankenhauses abdecken. Hierbei wurde das Health Information Network Maturity Model (HIN) [14] aufgrund der Domänenvielfalt ausgewählt. Modelle wie das NHS Infrastructure Maturity Model (NIMM) [23] oder das Hospital Cooperation Maturity Model (HCMM) [22] wurden deshalb ausgeschlossen. Für die breite Abdeckung weiterer Bereiche wurde das Continuity of Care Maturity Model (CCMM) [17] ausgewählt, da neben allgemeinen Bereichen auch die Pflege fokussiert wird. Das Electronic Healthcare Maturity Model (eHMM) [2] oder das High-Reliability Health Care Maturity Model [6] wurden vergleichsweise als weniger geeignet empfunden.

Da die EPA zudem elementar wichtig für den klinischen Wert sowie die Pflegequalität ist [25], wurde ein Modell ausgewählt, das auf diesen Bereich spezialisiert ist. Das Electronic Medical Record Adoption Model (EMRAM) [18] wurde im Vergleich zu dem PITO Adoption Model [25] aufgrund der verfügbaren Informationen favorisiert. Zusätzlich wurde das Outpatient Electronic Medical Record Adoption Model (O-EMRAM) [19] hinzugezogen, um die Spezialisierung in den Bereichen EPA, Ambulanz und Kommunikation abzudecken.

Weitere Modelle für Bereiche wie beispielsweise Daten und Analyse (AMAM [16]) oder PACS (PMM [28]) wurden als zu speziell für die Analyse angesehen. Speziell für die Digitalisierung von Krankenhäusern gibt es zudem einen Digitalisierungsscheck [13], der jedoch kein Reifegradmodell darstellt und demnach weniger formal ist. Deshalb ist auch dieser nicht in der Analyse enthalten.

3.3 Analyseverfahren

Für die Analyse wird der erstellte Anforderungskatalog verwendet. Die Reifegradmodelle werden anhand der Kriterien untersucht. Da die Informationen der Reifegradmodelle allgemein nicht detailliert genug sind, ist eine exakte Beurteilung, um genaue Aussagen über eine Abdeckung bestimmter Anforderungen zu machen, kaum möglich. Für die Aspekte ist somit schwer einzuschätzen, wie umfangreich diese überprüft werden. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass die Bewertung des Reifegrades über die vorhandenen Informationen hinaus geht. Deshalb wird die Abdeckung von Aspekten mitunter anhand von Stichworten und Schlussfolgerungen ermittelt.

Die bewerteten Teilaspekte bestimmen die Gesamtbewertung der Bereiche. In den Ergebnissen werden Bereiche als ausreichend abgedeckt definiert, wenn überwiegend alle Teilaspekte des Bereichs erfüllt werden. Als nicht ausreichend abgedeckt werden Bereiche betrachtet, wenn über die

Hälfte der Teilaspekte nicht erfüllt werden. Eine ausgewogene Mischung aus erfüllten, teilweise erfüllten und nicht erfüllten Kriterien eines Bereichs wird als teilweise abgedeckt definiert.

4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Analyse der Reifegradmodelle zusammengefasst dargestellt.

4.1 HIN

Die Analyse der Aspekte von HIN wurde anhand von [14] durchgeführt. HIN besteht aus fünf Reifegradstufen und bietet ein Tool zur Beurteilung des Krankenhauses an. Des Weiteren kann mit dessen Hilfe eine Roadmap zur Erreichung eines höheren Reifegrades erstellt werden.

HIN deckt mit zehn Domänen eine Vielzahl an Bereichen ab. Es werden sowohl prozess- als auch objekt- und ressourcenorientierte Aspekte in der Bewertung abgedeckt. Der Fokus von HIN liegt in der Betrachtung des Netzwerkes, der Technologie, Infrastruktur und Systeme. Zudem spielen Data Sharing Prozesse eine Rolle.

Die von HIN fokussierten Beurteilungskriterien sind sehr relevant für die Digitalisierung im Krankenhaus. Es werden viele Bereiche wie die technische Infrastruktur und das IT-Management ausreichend abgedeckt. Auch die Vernetzung, Organisation und Management sowie Prozesse werden hinreichend betrachtet. Somit werden die Anforderungen hinsichtlich der gesamten Krankenhaus-IT abgedeckt. Lediglich im Bereich Kommunikation werden Teilaspekte nicht ausreichend erfüllt.

Spezifische Bereiche im Krankenhaus wie die Radiologie, die Telemedizin wie auch medizinische Informationssysteme werden ebenfalls ausreichend abgedeckt. Auch die Bereiche Berichtswesen und Controlling sowie Behandlungspfade, Workflow Management und der stationäre Bereich werden hinreichend betrachtet. Allerdings werden

nicht alle Aspekte der Analyse ausreichend abgedeckt. Es existieren große Lücken innerhalb der Bewertung des OP und der Notaufnahme. Des Weiteren konnten Teilaspekte im ambulanten Bereich sowie bei der Unterstützung des gesamten Workflow des Patienten nicht erfüllt werden. Deshalb wären Ergänzungen der Beurteilungskriterien von HIN innerhalb der nicht ausreichend abgedeckten Bereiche sinnvoll. Insgesamt deckt HIN jedoch sowohl den Bereich Prozesse als auch die Bereiche IT und Organisation ausreichend ab.

4.2 CCMM

Die Analyse der Aspekte von CCMM wurde anhand von [17] durchgeführt. CCMM besteht aus acht Reifegradstufen und bietet ein Expertenteam zur Beurteilung und Dokumentation des Reifegrades. Auch hier kann eine Roadmap zur Erreichung eines höheren Reifegrades erstellt werden.

CCMM deckt verschiedene Bereiche im Krankenhaus ab. Es werden überwiegend prozessorientierte Aspekte in der Bewertung abgedeckt, es sind jedoch auch objekt- und ressourcenorientierte Aspekte enthalten. Der Fokus von CCMM liegt in den Bereichen Governance, Klinik, IT und Pflege.

Diese von CCMM fokussierten Beurteilungskriterien sind relevant für die Digitalisierung im Krankenhaus. Es werden viele Bereiche wie die Vernetzung und Kommunikation sowie Organisation und Management ausreichend abgedeckt, Prozesse jedoch nur teilweise. Anforderungen aus dem Bereich technische Infrastruktur und IT-Management werden nicht ausreichend erfüllt. Somit werden die Anforderungen hinsichtlich der gesamten Krankenhaus-IT nur teilweise abgedeckt.

Spezifische Bereiche in Krankenhäusern wie medizinische Informationssysteme, Berichtswesen und Controlling werden ebenfalls ausreichend abgedeckt. Die Bereiche Behandlungspfade und Workflow Management, die Unterstützung des gesamten

Workflow des Patienten sowie der stationäre und ambulante Bereich werden ebenfalls hinreichend betrachtet. Jedoch sind nicht alle Aspekte der Analyse ausreichend abgedeckt worden. Es existieren große Lücken innerhalb der Bewertung des OP und der Radiologie. Zudem konnten Teilaspekte im Bereich Telemedizin und Notaufnahme nicht erfüllt werden. Aufgrund dessen wären für CCMM ebenfalls Ergänzungen der Beurteilungskriterien innerhalb der nicht ausreichend abgedeckten Bereiche sinnvoll. Insgesamt deckt CCMM jedoch die Bereiche Prozesse und Organisation ausreichend ab und bezieht auch teilweise den Bereich IT mit ein.

4.3 EMRAM

Die Analyse der Aspekte von EMRAM wurde anhand von [18] durchgeführt. EMRAM besteht aus acht Reifegradstufen. Die Überprüfung und Bestätigung des organisatorischen Fortschritts des Krankenhauses wird durch ein Expertenteam durchgeführt. Des Weiteren unterstützt dieses Expertenteam die Erstellung einer Roadmap zur Erreichung eines höheren Reifegrades.

EMRAM deckt verschiedene klinische Bereiche ab. Es werden überwiegend objektorientierte Aspekte in der Bewertung abgedeckt, es sind jedoch auch prozessorientierte Aspekte enthalten. Der Fokus von EMRAM liegt in der Betrachtung der EPA und beteiligter Nebensysteme in Bereichen wie Radiologie, Labor und Pharmazie.

Die von EMRAM fokussierten Beurteilungskriterien sind ebenfalls relevant für die Digitalisierung im Krankenhaus. Es werden verschiedene Bereiche ausreichend abgedeckt. Allerdings werden die Anforderungen hinsichtlich der gesamten Krankenhaus-IT nur bedingt erfüllt. Die Bereiche technische Infrastruktur, IT-Management, Organisation und Management sowie Prozesse werden nicht hinreichend abgedeckt. Nur Aspekte der Vernetzung und der Kommunikation werden teilweise erfüllt.

Spezifische Bereiche im Krankenhaus wie die Radiologie und medizinische Informationssysteme werden ausreichend abgedeckt. Auch der stationäre Bereich sowie Behandlungspfade und Workflow Management werden hinreichend betrachtet. Allerdings sind nicht alle Aspekte der Analyse ausreichend abgedeckt worden. Es existieren große Lücken innerhalb der Bewertung des OP, der Notaufnahme, der Telemedizin und dem ambulanten Bereich. Zudem konnten Teilaspekte in den Bereichen Berichtswesen und Controlling sowie bei der Unterstützung des Patientenworkflow nicht erfüllt werden.

Insgesamt deckt EMRAM die Bereiche Prozesse, IT und Organisation nur teilweise ab. Das auf die EPA spezialisierte Modell deckt Aspekte anderer Bereiche weniger ab, weshalb EMRAM nur in diesem fokussierten Bereich als Ergänzung zu anderen Modellen sinnvoll wäre.

4.4 O-EMRAM

Die Analyse der Aspekte von O-EMRAM wurde anhand von [19] durchgeführt. O-EMRAM besteht aus acht Reifegradstufen. Wie auch bei EMRAM, wird die ReifegradEinstufung und Erstellung einer Roadmap zur Erreichung eines höheren Reifegrades durch ein Expertenteam unterstützt.

O-EMRAM deckt verschiedene Bereiche im Krankenhaus ab. Es werden überwiegend objektorientierte Aspekte in der Bewertung abgedeckt, es sind jedoch auch prozessorientierte Aspekte enthalten. Der Fokus von O-EMRAM liegt in der Betrachtung der EPA im ambulanten Bereich und der Patientenkommunikation.

Diese von O-EMRAM fokussierten Beurteilungskriterien sind relevant für die Digitalisierung im Krankenhaus. Es werden verschiedene Bereiche ausreichend abgedeckt. Allerdings werden die Anforderungen hinsichtlich der gesamten Krankenhaus-IT nur bedingt erfüllt. Die Bereiche technische Infrastruktur, IT-Management, Prozesse sowie Organisation und Management wer-

den nicht hinreichend abgedeckt. Lediglich Aspekte der Vernetzung und der Kommunikation werden ausreichend erfüllt.

Spezifische klinische Bereiche wie die Radiologie sowie die Telemedizin und medizinische Informationssysteme werden ebenfalls hinreichend abgedeckt. Auch der stationäre und ambulante Bereich, die Unterstützung des gesamten Workflow des Patienten wie auch Behandlungspfade und Workflow Management werden ausreichend betrachtet. Allerdings werden nicht alle Aspekte der Analyse abgedeckt. Es existieren auch hier große Lücken innerhalb der Bewertung des OP und der Notaufnahme. Des Weiteren konnten Teilaspekte in den Bereichen Berichtswesen und Controlling nicht erfüllt werden.

Insgesamt deckt auch O-EMRAM die Bereiche Prozesse, IT und Organisation nur teilweise ab. Deshalb wäre O-EMRAM ebenfalls nur in seinem fokussierten Bereich als Ergänzung zu anderen Modellen sinnvoll.

4.5 Vergleich der Modelle

Die Analyse ergab (vgl. Tabelle 1), dass keines der Reifegradmodelle alle Aspekte hinreichend vereint. Insgesamt decken EMRAM und O-EMRAM am wenigsten Bereiche und Aspekte ab, da sie auf einen bestimmten Bereich spezialisiert sind. O-EMRAM kann hierbei vergleichsweise noch etwas mehr bieten als EMRAM. In ihrer Spezialisierung scheinen jedoch beide die Anforderungen gut abzudecken. Allerdings sind alle definierten Bereiche für die Digitalisierung des Krankenhauses wichtig.

HIN deckt hierfür viele relevante klinische Bereiche und Aspekte, für die Digitalisierung eine Rolle spielt, ausreichend ab und scheint am umfangreichsten zu sein. Zudem erfüllt HIN als einziges Modell die Aspekte der Bereiche technische Infrastruktur und IT-Management ausreichend. In den Bereichen OP und Notaufnahme sind jedoch große Lücken vorhanden, die anderweitig gefüllt werden sollten. Für die Bereiche Kommunikation, Ambulanz und gesamter

Tabelle 1: Überblick der Analyseergebnisse (ausreichend erfüllt +, nicht erfüllt -)

	HIN	CCMM	EMRAM	O-EMRAM
Techn. Infrastruktur und IT-Management	+	-	-	-
Vernetzung und Kommunikation	+/-	+	+/-	+
Organisation und Management	+	+	-	-
Prozesse	+	+/-	-	-
Behandlungspfade, Workflow Management, Workflow des Patienten	+/-	+	+/-	+
Medizinische Informationssysteme	+	+	+	+
Berichtswesen und Controlling	+	+	+/-	+/-
Telemedizin	+	+/-	-	+
Radiologie	+	-	+	+
Notaufnahme	-	+/-	-	-
Ambulanter Bereich	+/-	+	-	+
Stationärer Bereich	+	+	+	+
OP	-	-	-	-

Workflow des Patienten sollten noch weitere Aspekte zur Betrachtung hinzugezogen werden. Insgesamt können auch die ausreichend abgedeckten Bereiche von HIN noch weiter ergänzt werden, um eine noch bessere Übereinstimmung mit den Anforderungen zu erzielen.

Auch CCMM deckt viele relevante Krankenhausbereiche ab. Hierbei sind im Vergleich zu HIN die Kommunikationsaspekte sowie der ambulante Bereich und der Workflow des Patienten besser abgedeckt. Vor allem der Bereich Notaufnahme wird hier teilweise erfüllt, den kein anderes Modell aus der Analyse erfüllen konnte. Auch hier wären insgesamt alle Bereiche des Reifegradmodells ausbaufähig, um eine noch bessere Übereinstimmung mit den Anforderungen zu bekommen.

Würde das Reifegradmodell HIN um diese Aspekte von CCMM ergänzt werden, könnten alle Anforderungen bis auf den OP und die Notaufnahme ausreichend erfüllt werden. Lediglich eine Summe von Teilaspekten in den einzelnen Bereichen können nicht abgedeckt werden, wobei auch diese Aspekte wichtig für die Unterstützung der Digitalisierung sind. Deshalb wäre es sinnvoll, für bestimmte Teilbereiche, die in den jeweiligen Krankenhäusern besonders wichtig sind, auf spezialisierte Reifegradmodelle zu verweisen, um eine detailliertere Bewertung zu ermöglichen. Diese könnten potentiell noch mehr Aspekte abdecken. Inwiefern diese jeweils geeignet sind, ist in der Analyse nicht inbegriffen.

Allerdings würde es bei der kompletten Anwendung von HIN in Kombination mit CCMM oder anderen Modellen im Krankenhaus zu starken Überschneidungen kommen. Allein die vier Reifegradmodelle aus dem Vergleich überschneiden sich in mehreren Bereichen, da beispielsweise medizinische Informationssysteme in allen Modellen eine große Rolle spielen. Wie stark die Überschneidungen wirklich sind, ist jedoch anhand der Informationen schlecht einzuschätzen.

Am besten wäre demnach ein einziges Modell, das alle Bereiche und Aspekte beinhaltet. Da es vermutlich nicht möglich ist, das bereits existierende Modell HIN zu erweitern, müsste auf dessen Grundlage ein neues Reifegradmodell entwickelt werden, das zusätzlich alle relevanten Eigenschaften anderer Reifegradmodelle wie CCMM hinsichtlich der Digitalisierung in sich vereint und somit Lücken schließt. Zusätzlich könnten bestimmte Bereiche unabhängig durch spezielle und detailliertere Reifegradmodelle bewertet werden, um die letzten Lücken zu schließen, da der Umfang eines einzigen Modells mit der kompletten Abdeckung aller Aspekte unwahrscheinlich ist. Hierbei muss mit möglichen Überschneidungen gerechnet werden. Dies würde jedoch eine umfangreiche Abdeckung individueller Bereiche ermöglichen.

Im Bereich OP gibt es allerdings keine und in der Notaufnahme nur eine teilweise Abdeckung der Anforderungen. Hier würde es nötig sein, ein extra Reifegradmodell für die Unterstützung der Digitalisierung im OP zu entwerfen. Da hier wenig Wahrscheinlichkeit besteht, dass es zu Überschneidungen mit anderen Modellen in diesem spezifischen Bereich kommt, könnten andere Reifegradmodelle gut auf dieses Modell verweisen, um diesen speziellen Bereich ebenfalls abdecken zu können. Auch für die Notaufnahme könnte dies sinnvoll sein.

5 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde eine Vielzahl an Reifegradmodellen für die Unterstützung der Digitalisierung von Krankenhäusern vorgestellt und relevante Anforderungen an ein Reifegradmodell in diesem Kontext erläutert. Die Analyse der Reifegradmodelle HIN, CCMM, EMRAM und O-EMRAM zeigte deren Fokus und Abdeckung verschiedener Bereiche in Krankenhäusern auf. Des Weiteren wurden Überschneidungen zwischen den Reifegradmodellen und größere sowie kleinere Lücken innerhalb der Modelle deutlich.

Insgesamt stellte keines der analysierten Modelle ein umfassendes Modell dar, das generalisiert auf die gesamte Krankenhaus-IT angewandt werden kann und sogleich alle wichtigen Teilbereiche detailliert betrachtet. Dennoch stellte sich HIN als ein recht umfangreiches Reifegradmodell heraus, welches überwiegend alle Bereiche ausreichend abdeckt. CCMM stellt dabei eine gute Ergänzung zu HIN dar. Eine Kombination würde jedoch zu mehreren Überschneidungen führen, kann aber eine ausreichende Abdeckung fast aller Bereiche bieten. Lediglich für den OP und die Notaufnahme konnte kein ausreichendes Reifegradmodell aus der Analyse oder der Literatur identifiziert werden.

Gegebenenfalls wäre es sinnvoll, ein neues Reifegradmodell auf der Grundlage von HIN und ergänzenden Aspekten von CCMM sowie weiteren Modellen zu entwickeln, welches speziell alle Bereiche und Aspekte umfangreich abdeckt, die für die Digitalisierung in Krankenhäusern bedeutend sind. Jede Klinik muss jedoch selbst entscheiden, ob eine Kombination verschiedener Reifegradmodelle trotz Überschneidungen in Frage kommt, nur ein spezielles Modell für einen bestimmten Bereich benötigt wird oder sogar ein neues Modell entwickelt werden sollte, um die Digitalisierung der Klinik zu unterstützen.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Anna Seidinger. 2016. Zukunft der digitalen Medizin. *Frankfurter Allgemeine Zeitung: Verlagsspezial*, V1-V6.
- [2] Balaji Sharma. 2008. Electronic Healthcare Maturity Model (eHMM): A White Paper. Quintegra Solutions Limited.
- [3] Blondiau, A., Mettler, T., and Winter, R. 2016. Designing and implementing maturity models in hospitals: An experience report from 5 years of research. *Health informatics journal* 22, 3, 758–767.
- [4] Carvalho, J. V., Rocha, A., and Abreu, A. 2016. Maturity Models of Healthcare Information Systems and Technologies: a Literature Review. *Journal of medical systems* 40, 6, 131.
- [5] Carvalho, J. V. de, Rocha, A., and Vasconcelos, J. 2015. Towards an Encompassing Maturity Model for the Management of Hospital Information Systems. *Journal of medical systems* 39, 9, 99.
- [6] Chassin, M. R. and Loeb, J. M. 2013. High-reliability health care: getting there from here. *The Milbank quarterly* 91, 3, 459–490.
- [7] Christoph Schmelter. 2013. Diese rechtlichen Aspekte sind maßgebend für Krankenhaus-Archivierungsleistungen – intern und extern. *Archiv Aktiv*, 19.
- [8] Dr. Corinna Falge. 2014. *Informationslogistik als Schlüssel zu medizinischer Performance*. http://www.xulonconsulting.de/fileadmin/files/pdf/Veroeffentlichung_Wuemek_2014.pdf. Zugriff: 21. Februar 2017.
- [9] Dr. Dr. Martin Siebert, Jens-Peter Neumann, Martin Menger, and Prof. Dr. Bernd Griewing. 2016. *Technische Innovation und Digitalisierung*. https://www.rhoen-klinikum-ag.com/fileadmin/files/konzern/Dokumente/Broschuere_2016_Medizintechnik.pdf. Zugriff: 21. Februar 2017.
- [10] Dymond, K. M. 2002. *CMM® Handbuch. Das Capability Maturity Model® für Software*. Xpert.press. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [11] Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST. 2013. Das Krankenhaus der Zukunft: Innovationen rund um die OP.
- [12] Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST. 2013. Hospital Engineering: Innovationspfade für das Krankenhaus der Zukunft.

- [13] Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST. 2015. Digitalisierungs-Check für Krankenhäuser.
- [14] Geffen, M. 2015. Health Information Network (HIN) Maturity Model. Discussion Paper for Canada Health Infoway.
- [15] Hecht, S. 2014. *Ein Reifegradmodell für die Bewertung und Verbesserung von Fähigkeiten im ERP-Anwendungsmanagement*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [16] HIMSS Analytics. 2017. *Adoption Model for Analytics Maturity. Information Sheet and Requirements*. <http://www.himssanalytics.org/amam>. Zugriff: 21. Februar 2017.
- [17] HIMSS Analytics. 2017. *Continuity of Care Maturity Model. Information Sheet and Requirements*. <http://www.himssanalytics.org/ccmm>. Zugriff: 21. Februar 2017.
- [18] HIMSS Analytics. 2017. *Electronic Medical Record Adoption Model. Information Sheet and Requirements*. <http://www.himssanalytics.org/emram>. Zugriff: 21. Februar 2017.
- [19] HIMSS Analytics. 2017. *Outpatient Electronic Medical Record Adoption Model. Information Sheet and Requirements*. <http://www.himssanalytics.org/oemram>. Zugriff: 21. Februar 2017.
- [20] Kamila Smolij and Kim Dun. 2006. Patient Health Information Management: Searching for the Right Model. Perspectives in Health Information Management / AHIMA, American Health Information Management Association. 3:10.
- [21] Langen, H.-L., Bielmeier, J., Wittenberg, G., Selbach, R., and Feustel, H. 2003. Workflowverbesserung und Effizienzsteigerungsaspekte durch nahezu vollständige Digitalisierung einer Röntgenabteilung. *RoFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin* 175, 10, 1309–1316.
- [22] Mettler, T. and Blondiau, A. 2012. HCMM - a maturity model for measuring and assessing the quality of cooperation between and within hospitals. In *25th IEEE International Symposium*, 1–6. DOI=10.1109/CBMS.2012.6266397.
- [23] NHS Digital. 2017. *NHS Infrastructure Maturity model NIMM*. <https://digital.nhs.uk/NHS-infrastructure-maturity-model/overview>. Zugriff: 6. März 2017.
- [24] Pfannstiel, M. A., Rasche, C., and Mehlich, H. 2016. *Dienstleistungsmanagement im Krankenhaus*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [25] Rimmer, C., Hagens, S., Baldwin, A., and Anderson, C. J. 2014. Measuring Maturity of Use for Electronic Medical Records (EMRs) in British Columbia: The Physician Information Technology Office (PITO). *Healthcare quarterly (Toronto, Ont.)* 17, 4, 75–80.
- [26] Schmied, J. 2008. *Mit CMMI Prozesse verbessern! Umsetzungsstrategien am Beispiel requirements engineering*. Safari Books Online. Dpunkt-Verl., Heidelberg.
- [27] Schmola, G. and Rapp, B. 2016. *Compliance, Governance und Risikomanagement im Krankenhaus*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [28] van de Wetering, R. and Batenburg, R. 2009. A PACS maturity model: a systematic meta-analytic review on maturation and evolvability of PACS in the hospital enterprise. *International journal of medical informatics* 78, 2, 127–140.
- [29] Wittpahl, V. 2017. *Digitalisierung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.